



Proč je vysoceradioaktivní odpad problémem ?

Ing. Dalibor Stráský
Ministerstvo životního prostředí
Praha, 4.2.2005

Vlastně to ani problémem není, soudili kdysi význační jaderní fyzici:

“Konečně co se týče jaderného odpadu, úplně postačí zakopat jej do hloubky tří metrů, abychom jej zcela zneškodnili.“

(Werner Heisenberg v říjnu 1955 odpovídá reportéru Münchner Merkur)

„ ... toto není, ... vůbec žádný problém ... Nechal jsem si v Karlsruhe vysvětlit, že všechen jaderný odpad, který bude ve Spolkové republice v roce 2000, se vejde do schrány, která bude krychlí o délce hrany 20 m. Jestliže se to dobře zapečetí a uzavře a vstrčí do nějakého dolu, pak se dá doufat, že se tím tento problém vyřeší.“

(Carl Friedrich von Weizsäcker v roce 1969 v „Die Kernenergie als wichtigste Energiequelle für die letzten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts“)

Klasifikace radioaktivních odpadů

V minulosti - nízkoaktivní

- středně aktivní

- vysoce aktivní

**Pro úvahy o úložištích není rozhodující dávkový příkon, ale
- radioaktivní inventář a rozpadové teplo.**

**Německý koncept - odpady se zanedbatelným vývinem tepla
(výkon řádově mW na obalový soubor)**

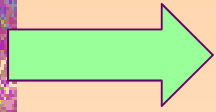
**- odpady s vývinem tepla (výkon řádově
kW - zvýšení teploty o více než 100°C
v bezprostředním okolí)**

Problémem je radiotoxicita radionuklidů v odpadech

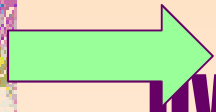
Rozdělení radionuklidů do tříd podle radiotoxicity a potenciálního ohrožení zevním ozářením dle vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně

- 1 třída :** Na-22, Na-24, Mg-28, Al-26, Al-28, Cl-38, K-43, Ca-47, Sc-46, Sc-48, V-48, Mn-52, Mn-52m, Mn-54, Mn-56, Fe-52, Fe-59, Co-55, Co-56, Co-58, Co-60, Co-62m, Zn-65, Ga-68, Ga-72, Ge-68, As-74, Br-82, Rb-82m, Sr-82, Sr-85, Sr-92, Y-88, Zr-95, Nb-94, Nb-95, Nb-98, Mo-90, Mo-101, Tc-96, Ru-106+, Ag-108m+, Ag-110m, Sb-124, Te-131m, Te-132, Te-133m, Te-134, I-130, I-132, I-134, I-135, Cs-132, Cs-134, Cs-136, Cs-137+, Ba-140+, La-140, Eu-152, Eu-154, Tb-160, Hf-181, Ta-182, Os-185, Ir-190, Ir-192, Tl-200, Pb-210+, Bi-206, Bi-207, Po-203, Po-205, Po-207, Po-210, Ra-223+, Ra-224+, Ra-225, Ra-226+, Ra-228+, Ac-227, Ac-228, Th-228+, Th-229+, Th-230, Th-232, Pa-231, U-230+, U-232+, U-234, U-235+, U-236, U-238+, Np-237+, Pu-236, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242, Pu-244, Am-241, Am-242m+, Am-243+, Cm-243, Cm-244, Cm-245, Cm-246, Cm-247, Cm-248, Cf-248, Cf-252, Cf-254,
- 2. třída :** Be-7, C-11, F-18, K-42, Sc-47, Co-57, Cu-64, Ga-67, As-76, Se-75, Rb-83, Rb-86, Sr-85m, Sr-90+, Y-92, Zr-97+, Nb-97, Mo-93, Mo-99, Ru-97, Ru-103, Rh-105, Cd-115, In-111, In-113m, In-114m, In-115m, Sn-113, Sn-125, Sb-122, Sb-125, Te-123m, Te-133, I-125, I-126, I-129, I-131, Cs-129, Ba-133, Ce-139, Ce-141, Ce-143, Ce-144+, Nd-147, Nd-149, Eu-152m, Eu-155, Gd-153, Er-171, Sm-153, Yb-169, W-187, Ir-194, Pt-191, Au-198, Au-199, Hg-197, Hg-197m, Hg-203, Tl-201, Tl-202, Pb-203, Pb-212+, Bi-212+, Ra-227, Pa-233, Th-227, U-231, U-237, Np-239, Cm-242
- 3. třída :** C-14, P-32, Cl-36, Ca-41, Cr-51, As-77, Sr-89, Y-90, Y-91, Y-93, Zr-93+, Tc-96m, Tc-97m, Tc-99, Tc-99m, Pd-109, Ag-111, Cd-109, Cd-115m, Te-125m, Te-127m, Te-129, I-123, Cs-135, Pr-142, Pm-149, Dy-165, Dy-166, Ho-166, Gd-159, Tm-170, Yb-175, Lu-177, W-181, W-188, Re-186, Re-188, Os-191, Os-193, Pt-193, Pt-197, Pt-197m, Tl-204, Bi-210, At-211, Th-226, Th-231, Th-234+, U-239, Pu-234, Pu-235, Pu-237, Pu-241, Pu-243, Am-242, Bk-249, Cf-246, Cf-253
- 4. třída :** H-3, Si-31, P-33, S-35, Ca-45, Mn-53, Fe-55, Co-58m, Co-60m, Co-61, Ni-59, Ni-63, Zn-69, Ge-71, As-73, Nb-93m, Tc-97, Rh-103m, Pd-103, Te-127, Cs-131, Cs-134m, Pr-143, Pm-147, Er-169, Tm-171, W-185, Pt-193

Radiotoxické látky musejí být bezpečně izolovány od životního prostředí

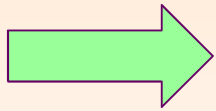


dlouhodobě,



**uvolňo-
radionuklidů,**

**se zajištěním odvodu tepla
vaného rozpadem**



se zajištěním podkritičnosti.

Dlouhodobost

pred04neu

- **Některé poločasy rozpadu:**

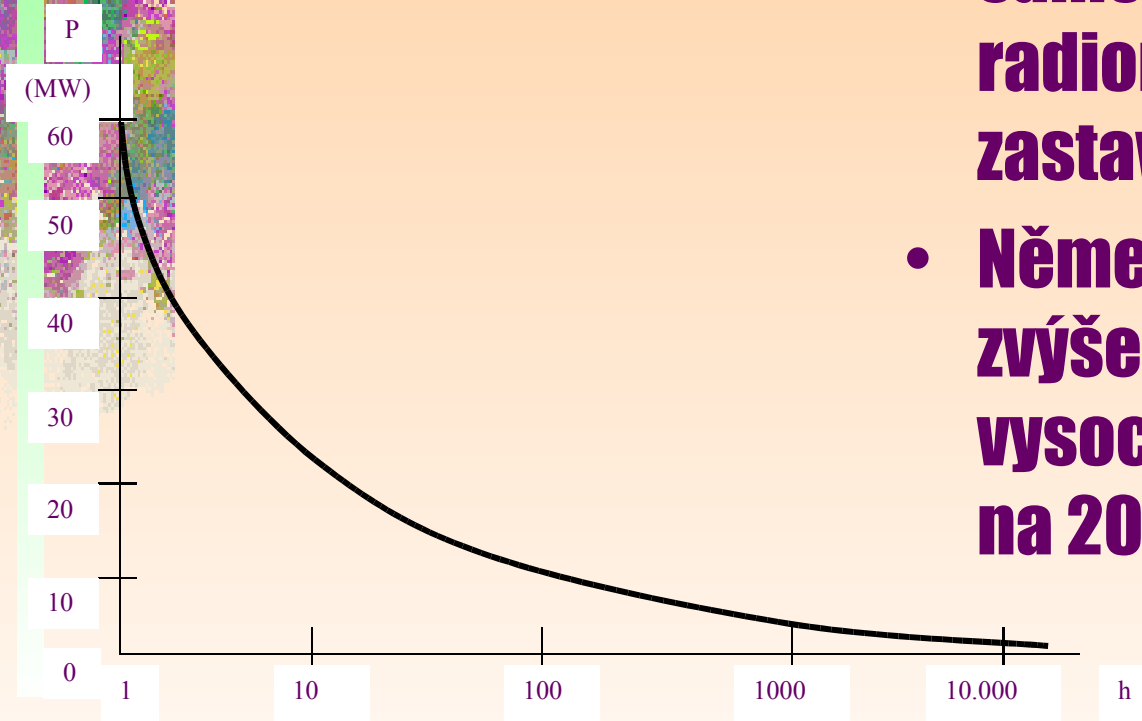
^{238}U 4,5 miliardy let

^{236}Ra 1622 let

^{14}C 5730 let

- **obalový soubor - odolnost vůči korozi, tlaku hornin**
- **stabilní geologické podmínky**
- **hostitelská hornina bez vody, bez volného kyslíku**

Zbytkové teplo



Vývin zbytkového tepla v tlakovodním reaktoru (1000 MWe) po jeho odstavení

- **Vývin tepla v důsledku samovolného rozpadu radionuklidů nelze zastavit.**
- **Německé pokusy ukázaly zvýšení teploty okolí vysoceaktivního odpadu na 209°C.**

Podkritičnost

- **Ve vyhořelém palivu zbývá 0,76% ^{235}U a 1,05% plutonia**
- **Kritické množství oxidu plutonia v suché žule - 12 kg**
- **Kritické množství oxidu plutonia v žule s vodou - 2 kg**
- **Nahromadění kritického množství štěpitelného materiálu v úložišti se považuje za velmi nepravděpodobné, případné následky za nedestruktivní.**